

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-012681

出 願 人

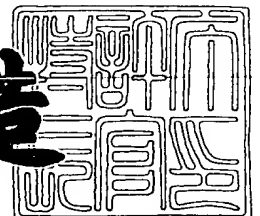
Applicant (s):

三洋電機株式会社

2000年 8月25日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3067402



【書類名】	特許願	
【整理番号】	NBA0991065	
【提出日】	平成12年 1月21日	
【あて先】	特許庁長官殿	
【国際特許分類】	H01S 3/18	
【発明者】		
【住所又は居所】	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号	三洋電機株式
	会社内	
【氏名】	廣山 良治	
【発明者】		
【住所又は居所】	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号	三洋電機株式
	会社内	
【氏名】	野村 康彦	
【発明者】		
【住所又は居所】	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号	三洋電機株式
	会社内	
【氏名】	古沢 浩太郎	
【発明者】		
【住所又は居所】	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号	三洋電機株式
	会社内	
【氏名】	竹内 邦生	
【発明者】		
【住所又は居所】	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号	三洋電機株式
	会社内	
【氏名】	岡本 重之	
【特許出願人】		
【識別番号】	000001889	
【氏名又は名称】	三洋電機株式会社	
【代表者】	近藤 定男	

【代理人】

【識別番号】 100111383

【弁理士】

【氏名又は名称】 芝野 正雅

【連絡先】 電話 0 3 - 3 8 3 7 - 7 7 5 1 法務・知的財産部 東京事務所

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第272436号

【出願日】 平成11年 9月27日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013033

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904451

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に第 1 導電型のクラッド層、発光層、III 族元素として A 1 を含有する第 2 導電型のクラッド層が順に積層され、前記第 2 導電型のクラッド層にはリッジ部が形成され、前記第 2 導電型のクラッド層上の前記リッジ部の周りに III 族元素として A 1 を含有する電流ブロック層が形成された半導体レーザ素子において、前記基板の上面に対する前記リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、前記第 2 導電型のクラッド層を構成する III 族元素中における A 1 の組成比を X_1 とし、前記電流ブロック層を構成する III 族元素中における A 1 の組成比を X_2 とし、前記発光層と前記電流ブロック層との離間距離を t した場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X_2 - X_1))$ [μm] の関係を満たし、前記リッジ部の下部幅 W が $2 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】 前記第 1 導電型クラッド層は III 族元素として A 1 と Ga を含有し、A 1 と Ga の総和における A 1 の組成比が X_1 であり、前記電流ブロック層は III 族元素として A 1 と Ga を含有し、A 1 と Ga の総和における A 1 の組成比が X_2 であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 3】 前記第 2 導電型のクラッド層が $\text{Al}_{X_1}\text{Ga}_{1-X_1}\text{As}$ からなり、前記電流ブロック層が $\text{Al}_{X_2}\text{Ga}_{1-X_2}\text{As}$ からなることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 4】 $t \leq 0.252 / (1 - (X_2 - X_1))$ [μm] であることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 5】 前記離間距離 t が $0.15 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 6】 前記離間距離 t が $0.2 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 7】 前記基板の上面が $\{100\}$ 面又は $\{100\}$ 面から数度傾斜し、且つ前記リッジ部が $\langle 011 \rangle$ 方向に延在しているか、或いは前記基板の

上面が $\{-100\}$ 面又は $\{-100\}$ 面から数度傾斜し、且つ前記リッジ部が $\langle 0-11 \rangle$ 方向に延在していることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5 又は 6 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 8】 基板上に第 1 導電型のクラッド層及び発光層を形成し、該発光層上に所定の厚みを有する第 2 導電型の第 1 クラッド層を形成し、該第 1 クラッド層上にエッチング停止層を介して III 族元素中における A 1 の組成比が X 1 である第 2 導電型の第 2 クラッド層を形成する工程と、

前記第 2 クラッド層の一部を除去することにより、前記基板の上面に対する側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、下部幅 W が $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であるリッジ部を形成する工程と、

前記リッジ部の両側に、III 族元素中における A 1 の組成比が X 2 であり、前記リッジ部の周りに露出した前記第 1 導電型の第 2 クラッド層の上面から発光層までの距離を t とした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X2 - X1)) [\mu\text{m}]$ の関係を満足する電流ブロック層を形成する工程とを有することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 9】 前記基板の上面が $\{100\}$ 面又は $\{100\}$ 面から数度傾斜している場合、 $\langle 011 \rangle$ 方向に延在しているマスクを形成し、或いは前記基板の上面が $\{-100\}$ 面又は $\{-100\}$ 面から数度傾斜している場合、 $\langle 0-11 \rangle$ 方向に延在しているマスクを形成し、次いで、前記マスクを用いてエッチングを行うことにより前記リッジ部を形成することを特徴とする請求項 8 記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスクシステム等に用いて好適な半導体レーザ素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、インターネットや電子メールが急速に普及し、これに対応してパーソナ

ルコンピュータ市場が拡大を続けている。このパーソナルコンピュータの記憶媒体として、CD-ROMあるいはDVD-ROM等のディスク状の光記録媒体を用いた光ディスクシステムが不可欠となっている。さらに、これらの光ディスクシステムは、再生専用型から書き込み型、更には書き換え型への移行が顕在化してきた。

【0003】

半導体レーザ素子は、光ディスクシステムのキーデバイスであり、光ディスクシステムの書き込み速度向上のために、高出力化が強く要請されている。

【0004】

従来の代表的なリッジ型の半導体レーザ素子の基本構造を図15に示す。例えば、GaAs系の半導体レーザ素子の場合、n型GaAsからなるn型半導体基板701上に、n型GaAsからなるn型バッファ層702、n型AlGaAsからなるn型クラッド層703、AlGaAsからなる発光層704、p型AlGaAsからなるp型クラッド層705が形成されている。

【0005】

このp型クラッド層705は、半導体レーザ素子の横モード制御のために、素子中央部が両脇の平坦部に比して層厚が大きいストライプ状のリッジ部を有する。また、このp型クラッド層705のリッジ部側面および平坦面上には、電流注入領域を制限するためにn型AlGaAsからなるn型ブロック層706が形成されている。

【0006】

さらに、p型クラッド層705およびn型ブロック層706上には、p型GaAsからなるp型コンタクト層707が形成されている。また、n型半導体基板の裏面にはn型電極708が、p型コンタクト層707上にはp型電極709が形成されている。

【0007】

ここで、p型コンタクト層707のバンドギャップは、発光層704のバンドギャップよりも小さいため、発光層704で発生する光の一部はp型コンタクト層707で吸収される。この吸収により、レーザビームが半導体層の積層方向に

強く閉じ込められ、レーザ出射端面における光密度が高くなる。

【0008】

このような従来の半導体レーザ素子の場合、レーザ出射端面における光密度が高くなると、レーザ出射端面での破壊が生じやすくなる。このため、半導体レーザ素子の高出力化のためには、リッジ部の高さHを高くし、更にはリッジ部の下部幅Wを大きくすることにより、レーザ出射面における光密度を低減することが考えられる。

【0009】

しかしながら、図15に示すようなリッジ部の幅が上方になる程、狭くなる順メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザでは、リッジ部の高さHを高くすると、リッジ部の上面の幅が減少し、電流が流れ難くなるため、リッジ部の高さHの増加に限界がある。

【0010】

一方、リッジ部の下部幅Wを大きくすると横方向の光の閉じこめが困難となり、レーザビームの水平広がり角が急激に小さくなる。このため、レーザビームの水平広がり角と垂直広がり角との差が大きくなり、集光特性の劣化などの問題が発生する。また、幅Wを変化させた際の水平広がり角に変動が大きいため、水平広がり角の調整が困難であるという問題もある。

【0011】

また、リッジ部の幅が上方になる程、広くなる逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザでは、リッジ部の高さを高くしても、リッジ部の上面の幅が減少するという事は無いため、電流が流れ難いという問題は無くなるが、リッジ部の底面の幅を大きくした際の問題は、依然として存在する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記従来例の欠点に鑑み為されたものであり、レーザビームの高出力化を図った場合においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制し、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を提供することを目的とするものである。

【 0 0 1 3 】

また、本発明は、レーザビームの高出力化を図った場合においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制し、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を容易に製造することが出来る半導体レーザ素子の製造方法を提供することを目的とするものである。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ素子は、基板上に第1導電型のクラッド層、発光層、II族元素としてA1を含有する第2導電型のクラッド層が順に積層され、前記第2導電型のクラッド層にはリッジ部が形成され、前記第2導電型のクラッド層上の前記リッジ部の周りにIII族元素としてA1を含有する電流ブロック層が形成された半導体レーザ素子において、前記基板の上面に対する前記リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、前記第2導電型のクラッド層を構成するIII族元素中におけるA1の組成比をX1とし、前記電流ブロック層を構成するIII族元素中におけるA1の組成比をX2とし、前記発光層と前記電流ブロック層との離間距離をtした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X2 - X1))$ [μm] の関係を満たし、前記リッジ部の下部幅Wが $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

このような構成の半導体レーザ素子では、高出力化を図るために、リッジ部の下部幅Wを大きくしても、レーザビームの水平広がり角度の変化は小さい。また、レーザビームの水平広がり角度が急激に低下しない範囲に、発光層と電流ブロック層との離間距離が設定されている。しかも、動作電圧が急激に大きくなりえない範囲に、リッジ部の下部幅Wが設定されている。

【 0 0 1 6 】

尚、電流ブロック層が複数の層で形成されている場合は、リッジ部に最も近接している電流ブロック層のA1組成比がX2となる。また、リッジ部の下部幅Wとはリッジ部の最下部における共振器方向と直交する方向の長さである。

【 0 0 1 7 】

特に、前記第 1 導電型クラッド層は III 族元素として A l と G a を含有し、A l と G a の総和における A l の組成比が X 1 であり、前記電流ブロック層は III 族元素として A l と G a を含有し、A l と G a の総和における A l の組成比が X 2 である場合、本発明による上述の効果は顕著である。

【 0 0 1 8 】

更に、前記第 2 導電型のクラッド層が $A l_{X1} G a_{1-X1} A s$ からなり、前記電流ブロック層が $A l_{X2} G a_{1-X2} A s$ からなる場合、上述の効果は一層明らかである。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の半導体レーザは、 $t \leq 0.252 / (1 - (X2 - X1))$ [μm] であることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

この場合、レーザビームの水平広がり角度は、水平広がり角度の低下は小さく、一定値以上の大きさを確保する。

【 0 0 2 1 】

特に、前記離間距離 t が $0.15 \mu m$ 以上であれば、離間距離 t が変動しても、水平広がり角度の変動幅は小さい。

【 0 0 2 2 】

更に、前記離間距離 t が $0.2 \mu m$ 以上であれば、離間距離 t が変動した際の水平広がり角度の変動幅は更に小さい。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の半導体レーザ素子は、前記基板の上面が { 1 0 0 } 面又は { 1 0 0 } 面から数度傾斜し、且つ前記リッジ部が $\langle 0 1 1 \rangle$ 方向に延在しているか、或いは前記基板の上面が { - 1 0 0 } 面又は { - 1 0 0 } 面から数度傾斜し、且つ前記リッジ部が $\langle 0 - 1 1 \rangle$ 方向に延在していることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

このような面方位を有する半導体レーザ素子では、前記基板の上面に対する側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であるリッジ部を容易に形成することが出来る。

【 0 0 2 5 】

また、本発明の半導体レーザの製造方法は、基板上に第 1 導電型のクラッド層及び発光層を形成し、該発光層上に所定の厚みを有する第 2 導電型の第 1 クラッド層を形成し、該第 1 クラッド層上にエッチング停止層を介して III 族元素中における A 1 の組成比が X 1 である第 2 導電型の第 2 クラッド層を形成する工程と、前記第 2 クラッド層の一部を除去することにより、前記基板の上面に対する側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、下部幅 W が $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であるリッジ部を形成する工程と、前記リッジ部の両側に、III 族元素中における A 1 の組成比が X 2 であり、前記リッジ部の周りに露出した前記第 1 導電型の第 2 クラッド層の上面から発光層までの距離を t とした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X2 - X1)) [\mu\text{m}]$ の関係を満足する電流ブロック層を形成する工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

このような半導体レーザの製造方法では、高出力化を図るために、リッジ部の下部幅 W を大きくしても、レーザビームの水平広がり角度の変化は小さく、また、レーザビームの水平広がり角度が急激に低下しない範囲に、発光層と電流ブロック層との離間距離が設定されており、しかも、動作電圧が急激に大きくならない範囲に、リッジ部の下部幅 W が設定されている半導体レーザ素子を、容易に製造することが出来る。

【 0 0 2 7 】

更に、本発明の半導体レーザ素子の製造方法では、前記基板の上面が $\{100\}$ 面又は $\{100\}$ 面から数度傾斜している場合、 $\langle 011 \rangle$ 方向に延在しているマスクを形成し、或いは前記基板の上面が $\{-100\}$ 面又は $\{-100\}$ 面から数度傾斜している場合、 $\langle 0-11 \rangle$ 方向に延在しているマスクを形成し、次いで、前記マスクを用いてエッチングを行うことにより前記リッジ部を形成することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

この製造方法によれば、側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であるリッジ部を容易に形成することが出来る。

【 0 0 2 9 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【 0 0 3 0 】

図 1 は本発明の実施の形態である実施例の半導体レーザ素子の断面図である。

【 0 0 3 1 】

本実施例の半導体レーザ素子は、 n 型GaAsからなる n 型半導体基板 1 の上面に、 n 型GaAsからなる n 型第 1 バッファ層 2、 n 型AlGaAsからなる n 型第 2 バッファ層 3、 n 型AlGaAsからなる n 型クラッド層 4、 n 型AlGaAsからなる n 型キャリアブロック層 5、アンドープのAlGaAsからなる光ガイド層 6、およびアンドープの多重量子井戸構造の活性層 7 が順に形成されている。尚、 n 型半導体基板 1 は、上面が(100)面からその面における $\langle 0-11 \rangle$ 方向に数度（本実施例では[0-10]方向に 4° ）傾斜している微傾斜基板である。

【 0 0 3 2 】

活性層 7 はアンドープのAlGaAsからなる 3 つの量子井戸層 7 1 とアンドープのAlGaAsからなる 2 つの障壁層 7 2 とが交互に積層されてなる。

【 0 0 3 3 】

活性層 7 の上には、アンドープのAlGaAsからなる光ガイド層 8、 p 型AlGaAsからなる p 型キャリアブロック層 9、 p 型AlGaAsからなる p 型第 1 クラッド層 10 が順に形成されている。

【 0 0 3 4 】

本実施例の半導体レーザ素子では、光ガイド層 6、活性層 7 及び光ガイド層 8 により発光層 100 が構成されている。

【 0 0 3 5 】

p 型第 1 クラッド層 10 上の中央部には、 p 型AlGaAsからなる p 型エッチング停止層 11 を介して、 p 型AlGaAsからなる共振器方向に延びるストライプ状の p 型第 2 クラッド層 12 及び p 型GaAsからなる p 型第 1 コンタクト層 13 が順に積層されてリッジ部 200 が形成されている。ストライプ状のリ

リッジ部 2 0 0 は、n 型半導体基板 1 の上面における $\langle 0 1 1 \rangle$ 方向に延在している。

【 0 0 3 6 】

リッジ部 2 0 0 を構成する p 型第 2 クラッド層 1 2 及び p 型第 1 コンタクト層 1 3 の両側面、更にはリッジ部の両側の p 型第 1 クラッド層 1 0 の平坦面上には、アンドープの AlGaAs からなる第 1 電流ブロック層 1 4、n 型 AlGaAs からなる n 型第 2 電流ブロック層 1 5 及び n 型 GaAs からなる n 型第 3 電流ブロック層 1 6 が順に形成されている。

【 0 0 3 7 】

p 型第 1 コンタクト層 1 3 上から n 型第 3 電流ブロック層 1 6 上に亘っては、p 型 GaAs からなる p 型第 2 コンタクト層 1 7 及び p 型 GaAs からなる p 型第 3 コンタクト層 1 8 が順に形成されている。

【 0 0 3 8 】

p 型第 3 コンタクト層 1 8 上には p 型電極 1 9 が形成され、n 型半導体基板 1 の裏面には n 型電極 2 0 が形成されている。

【 0 0 3 9 】

図 2 及び図 3 は第 1 実施例の半導体レーザ素子の製造方法を示す図である。

【 0 0 4 0 】

まず、図 2 (a) に示すように、n 型半導体基板 1 の (1 0 0) 面からその面における $\langle 0 - 1 1 \rangle$ 方向に数度 (本実施例では $[0 - 1 0]$ 方向に 4°) 傾斜している上面に、n 型第 1 バッファ層 2、n 型第 2 バッファ層 3、n 型クラッド層 4、n 型キャリアブロック層 5、光ガイド層 6、活性層 7、光ガイド層 8、p 型キャリアブロック層 9、p 型第 1 クラッド層 1 0、p 型エッチング停止層 1 1、p 型第 2 クラッド層 1 2 および p 型第 1 コンタクト層 1 3 を順に、MOCVD 法 (有機金属化学的気相成長法) または MBE 法 (分子線エピタキシャル成長法) により成長温度 $700 \sim 900^\circ\text{C}$ で成長させる。また、各層 2 ~ 1 3 の材料、Al 組成比、層厚およびキャリア濃度は表 1 に示す通りである。尚、Al 組成比は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ における X (Al と Ga との総量に対する Al の原子濃度比) である。また、n 型半導体基板 1 のキャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0041】

【表1】

	材料	Al組成比 (原子濃度比)	層厚 (nm)	キャリア濃度 (cm^{-3})
n型バッファ層2	GaAs	0	500	3×10^{17}
n型バッファ層3	AlGaAs	0.18	100	5×10^{17}
n型クラッド層4	AlGaAs	0.45	2700	5×10^{17}
n型キャリアブロック層5	AlGaAs	0.5	50	5×10^{17}
光ガイド層6	AlGaAs	0.35	20	アンドープ
量子井戸層71	AlGaAs	0.106	7	アンドープ
障壁層72	AlGaAs	0.35	8	アンドープ
光ガイド層8	AlGaAs	0.35	20	アンドープ
p型キャリアブロック層9	AlGaAs	0.5	50	1×10^{18}
p型第1クラッド層10	AlGaAs	0.45	0~ 400	1×10^{18}
p型エッチング停止層11	AlGaAs	0.7	20	8×10^{17}
p型第2クラッド層12	AlGaAs	0.45	2700	8×10^{17}
p型第1コンタクト層13	GaAs	0	200	4×10^{18}

【0042】

n型第1バッファ層2の成長には、原料ガスとして AsH_3 およびTMGを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。n型第2バッファ層3、n型クラッド層4及びn型キャリアブロック層5の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。光ガイド層6、活性層7及び光ガイド層8の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用いる。p型キャリアブロック層9、p型第1クラッド層10、p型エッチング停止層11およびp型第2クラッド層12の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとしてDEZを用いる。p型第1コンタクト層13の成長には、原料ガスとして AsH_3 およびTMGを用い、ドーパントガスとしてDEZを用いる。

【0043】

ここで、 AsH_3 はアルシンであり、TMGはトリメチルガリウムであり、TMAはトリメチルアルミニウムであり、 H_2Se はセレン化水素であり、 SiH_4

はモノシランであり、DEZはジエチルジシランである。

【0044】

この成長の後、p型第1コンタクト層13上に SiO_2 等の酸化膜を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術により中央部のストライプ状の領域を除いて酸化膜を除去することにより、p型第1コンタクト層13上にストライプ状の酸化膜21を形成する。この時、ストライプ状の酸化膜21は、n型半導体基板1の上面における<011>方向に延在するように形成される。

【0045】

次に、図2(b)に示すように、酸化膜21をマスクとしてp型第1クラッド層10が露出するまでエッチングによりp型第1コンタクト層13、p型第2クラッド層12及びp型エッチング停止層11を除去する。これにより、酸化膜21の下方にはストライプ状のリッジ部200が形成される。尚、ストライプ状のリッジ部200は、n型半導体基板1の上面における<011>方向に延在している。

【0046】

尚、この時のエッチングは、湿式エッチングあるいはドライエッチングのいずれを用いても良い。また、エッチング停止層11は、p型第2クラッド層12とのAl組成比の差が一定以上あればよく、例えばGaAsを用いることも出来る。

【0047】

この時、n型半導体基板1に対するリッジ部200の側面の傾斜角度 θ （本実施例では、リッジ部の側面とp型エッチング停止層11の上面との為す角度に一致）は、半導体基板1の上面の面方位とリッジ部200のストライプ方向との関係、湿式エッチングにおける過酸化水素及び水の含有量や温度、或いはリアクティブイオンエッチングやリアクティブイオンビームエッチングにおけるイオンのエネルギー等を制御することにより、下記に詳述する所定の角度に設定することが出来る。

【0048】

尚、湿式エッチングの場合、ストライプ状の酸化膜21の延在方向を<011>

○
>方向に選ぶと、リッジ部 2 0 0 の側面の傾斜角度 θ を 70° 以上に設定することが容易となる。また、ドライエッチングによりリッジ部 2 0 0 を形成する場合は、酸化膜 2 1 の延在方向に拘わらず、リッジ部 2 0 0 の側面の傾斜角度 θ を 70° 以上にすることが出来る。但し、ドライエッチングの場合においても、ストライプ状の酸化膜 2 1 の延在方向を $\langle 0 1 1 \rangle$ 方向に選ぶことにより、エッチング面に損傷が生じない条件でリッジ部 2 0 0 の側面の傾斜角度 θ を 70° 以上に設定することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

また、リッジ部 2 0 0 の下部幅 W は、p 型第 2 クラッド層 1 2 の膜厚、酸化膜 2 1 の幅、リッジ部の側面の傾斜角度 θ 、エッチング時間等により、下記に詳述する所定の値に設定することが出来る。

【 0 0 5 0 】

また、p 型キャリアブロック層 9 及び p 型第 1 クラッド層 1 0 との厚みの和は、図 2 (a) の工程における p 型キャリアブロック層 9 及び p 型第 1 ブロック層 1 0 を形成する際の成長時間、更には図 2 (b) の工程におけるエッチング停止層 1 1 によるエッチング深さの制御により、下記に詳述する所定の値に設定される。そして、この p 型キャリアブロック層 9 及び p 型第 1 クラッド層 1 0 との厚みの和が、発光層 1 0 0 と、次の工程で形成される第 1 電流ブロック層 1 4 との離間距離 t となる。

【 0 0 5 1 】

次に、図 3 (c) に示すように、酸化膜 2 1 をマスクとして、リッジ部の両側の p 型第 2 クラッド層 1 0 の平坦面上及びリッジ部の側面上に、アンドープの第 1 電流ブロック層 1 4、n 型第 2 電流ブロック層 1 5 及び n 型第 3 電流ブロック層 1 6 を、成長温度 $600 \sim 900^\circ\text{C}$ で選択成長させる。この時、酸化膜 2 1 上には、これらの層は結晶成長しない。尚、各層 1 4 ~ 1 6 の材料、A 1 組成比、層厚及びキャリア濃度は表 2 に示す通りであり、第 1 電流ブロック層 1 4 の A 1 組成比は、下記に詳述する条件を満足する範囲に設定される。

【 0 0 5 2 】

【表 2】

	材 料	Al組成比 (原子濃度比)	層厚 (μm)	キャリア濃度 (cm^{-3})
第1電流ブロック層 14	AlGaAs	X2 (0.5~0.8)	1.0	アンドープ
n型第2電流ブロック層 15	AlGaAs	X2 (0.5~0.8)	0.25	3×10^{18}
n型第3電流ブロック層 16	GaAs	0	0.25	5×10^{17}

【0053】

第1電流ブロック層14の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用いる。n型第2電流ブロック層15の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMGおよびTMAを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。n型第3電流ブロック層16の成長には、原料ガスとして AsH_3 及びTMGを用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。

【0054】

次に、酸化膜21を湿式エッチング又はドライエッチングにより除去した後、図3(d)に示すように、p型第1コンタクト層13上およびn型第3電流ブロック層16上に、p型第2コンタクト層17及びp型第3コンタクト層18を、成長温度600~900℃で結晶成長させる。尚、各層17、18の材料、Al組成、層厚及びキャリア濃度は表3に示す通りである。

【0055】

【表 3】

	材 料	Al組成比 (原子濃度比)	層厚 (μm)	キャリア濃度 (cm^{-3})
p型第2コンタクト層 17	GaAs	0	5.3	1×10^{19}
p型第3コンタクト層 18	GaAs	0	0.7	6×10^{19}

【0056】

p型第2コンタクト層17及びp型第3コンタクト層18の成長には、原料ガ

スとして AsH_3 及び TMG を用い、ドーパントガスとして DEZ を用いる。尚、p 型第 1 コンタクト層 13 の厚さは、非常に薄くても素子特性上問題がなく、5 nm 以上、1000 nm 以下の範囲内であればよい。

【0057】

最後に、p 型第 3 コンタクト層 18 上に、厚さ約 50 nm の CrAu および厚さ約 $1.5 \mu\text{m}$ の Au からなる p 型電極 19 を形成し、n 型半導体基板 1 の裏面に、AuGe/Ni/Au からなる n 型電極 20 を形成する。

【0058】

以上の工程により、図 1 に示した構造の半導体レーザ素子が形成される。

【0059】

次に、図 1 に示した構造の半導体レーザ素子において、n 型半導体基板 1 の上面に対するリッジ部 200 の側面の傾斜角度 θ （本実施例では、リッジ部 200 の側面と p 型エッチング停止層 11 の上面との為す角度 θ に一致）が、 55° 、 80° 、 90° 、 100° 、 110° 、 125° と異なる複数タイプの半導体レーザ素子を作製した。尚、傾斜角度 θ が 55° 、 80° の場合は、図 4 に示すような順メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子となり、傾斜角度 θ が 100° 、 110° 、 125° の場合は、図 5 に示すような逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子となる。また、傾斜角度 θ が 90° の場合は、図 1 に示すような側面が直立しているリッジ部を有する半導体レーザ素子となる。

【0060】

次に、上述した傾斜角度 θ が異なる各半導体レーザ素子において、リッジ部の下部幅 W を変化させた時のレーザビームの水平広がり角度を調べた。その結果を、図 6 及び図 7 に示す。尚、この測定に用いた半導体レーザ素子の p 型第 2 クラッド層 12 の厚みは 2000 nm である。

【0061】

傾斜角度 θ が 55° 、 125° の半導体レーザ素子では、図 6 から判るように、リッジ部の下部幅 W が大きくなると、レーザビームの水平広がり角度が大きく低下する。

【0062】

これに対して、傾斜角度 θ が 80° 、 90° 、 100° 、 110° の半導体レーザー素子では、図7から判るように、リッジ部の下部幅 W が $5\mu\text{m}$ までは、下部幅 W が大きくなっても、レーザービームの水平広がり角度の低下は殆ど見られない。

【0063】

次に、リッジ部の傾斜角度 θ が 100° 、下部幅 W が $4\mu\text{m}$ である図5に示すような逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザー素子において、第1電流ブロック層14及びn型第2電流ブロック層15のA1組成比 X_2 が0.55、0.62、0.75、0.80である4タイプの半導体レーザー素子を作製し、この各タイプの半導体レーザー素子において、発光層と電流ブロック層との離間距離 t （p型キャリアブロック層9とp型第1クラッド層10の厚みの合計）と、レーザービームの水平広がり角度との関係を調べた。その結果を図8に示す。

【0064】

図8から判るように、離間距離 t が大きくなると、レーザービームの水平広がり角度は小さくなるが、離間距離 t が $0.15\mu\text{m}$ 以上になると、水平広がり角度の低下の傾きは小さくなり、更に、離間距離 t が $0.2\mu\text{m}$ 以上になると、水平広がり角度の低下の傾きは更に小さくなる。更に、離間距離 t がある値を越えると、水平広がり角度が急激に低下する第1の臨界離間距離 t_1 が存在することが判る。この第1の臨界離間距離 t_1 は、A1組成比 X_2 が0.55の時、0.31であり、A1組成比 X_2 が0.62の時、0.33であり、A1組成比 X_2 が0.75の時、0.39であり、A1組成比 X_2 が0.80の時、0.42である。

【0065】

また、図8より、第1の臨界離間距離 t_1 よりも小さいところに、離間距離 t が大きくなっても水平広がり角度の低下は小さく、安定している離間距離の上限値である第2の臨界離間距離 t_2 が存在することが判る。この第2の臨界離間距離 t_2 は、A1組成比 X_2 が0.55の時、0.28であり、A1組成比 X_2 が0.62の時、0.31であり、A1組成比 X_2 が0.75の時、0.36であり、A1組成比 X_2 が0.80の時、0.39である。

【 0 0 6 6 】

次に、第 1 電流ブロック層 1 4 及び n 型第 2 電流ブロック層 1 5 の A 1 組成比 X 2 と、第 1 の臨界離間距離 t_1 との関係を調べるために、第 1 電流ブロック層 1 4 及び n 型第 2 電流ブロック層 1 5 の A 1 組成比 X 2 と p 型クラッド層の A 1 組成比 X 1 (本実施例では 0. 4 5) との差を 1 から減じた値の逆数、即ち $1 / (1 - (X 2 - X 1))$ と、第 1 の臨界離間距離 t_1 との関係をグラフ化した。その結果を図 9 に示す。

【 0 0 6 7 】

図 9 から判るように、第 1 の臨界離間距離 t_1 は、A 1 組成比 X 2 と A 1 組成比 X 1 との差を 1 から減じた値の逆数 ($1 / (1 - (X 2 - X 1))$) に比例しており、その比例式は $t_1 = 0. 2 7 5 / (1 - (X 2 - X 1))$ である。即ち、離間距離 t が $0. 2 7 5 / (1 - (X 2 - X 1))$ を超えると、水平広がり角度が急激に低下するため、水平広がり角度が急激に低下しないためには、離間距離 $t \leq 0. 2 7 5 / (1 - (X 2 - X 1))$ の関係を満足する必要がある。

【 0 0 6 8 】

また、リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 、 110° である場合についても、同様に調べた結果、図 8 と同様の結果が得られ、 $1 / (1 - (X 2 - X 1))$ と、第 1 の臨界離間距離 t_1 との関係をグラフ化した結果、図 1 0、図 1 1 に示すような結果が夫々得られた。

【 0 0 6 9 】

この図 1 0、図 1 1 から判るように、リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 、 110° である場合においても、水平広がり角度が急激に低下しないためには、離間距離 $t \leq 0. 2 7 5 / (1 - (X 2 - X 1))$ の関係を満足する必要がある。

【 0 0 7 0 】

次に、リッジ部の傾斜角度 θ が 100° の半導体レーザ素子において、電流ブロック層の A 1 組成比 X 2 が 0. 8 0、離間距離 t が $0. 10 \mu m$ の場合、電流ブロック層の A 1 組成比 X 2 が 0. 7 5、離間距離 t が $0. 20 \mu m$ の場合、電流ブロック層の A 1 組成比 X 2 が 0. 5 8、離間距離 t が $0. 25 \mu m$ の場合に

ついて夫々、リッジ部の下部幅 W を変えた時のレーザビームの水平広がり角度を調べた。その結果を図 1 2 に示す。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 から判るように、リッジ部の下部幅 W が $1.5 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下の場合、レーザビームの水平広がり角度は略一定であり、下部幅 W が $5 \mu\text{m}$ を超えると、レーザビームの水平広がり角度は急激に小さくなる。

【 0 0 7 2 】

次に、リッジ部の傾斜角度 θ が 100° 、電流ブロック層の A 1 組成比 X_2 が 0.75、離間距離 t が $0.20 \mu\text{m}$ の半導体レーザ素子において、リッジ部の下部幅 W と動作電流が 40mA の時の動作電圧を調べた。その結果を図 1 3 に示す。

【 0 0 7 3 】

図 1 3 から判るように、リッジ部の下部幅 W が $2 \mu\text{m}$ よりも小さくなると、動作電圧が急激に大きくなるため、下部幅 W は $2 \mu\text{m}$ 以上必要である。

【 0 0 7 4 】

即ち、図 1 2 及び図 1 3 から判るように、水平広がり角度と動作電圧との点を考慮すると、リッジ部の下部幅 W は、 $2 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【 0 0 7 5 】

次に、第 2 の臨界離間距離 t_2 についても、第 1 の臨界離間距離 t_1 と同様に $1 / (1 - (X_2 - X_1))$ と、第 2 の臨界離間距離 t_2 との関係をグラフ化した。その結果を図 1 4 に示す。

【 0 0 7 6 】

図 1 4 から判るように、第 2 の臨界離間距離 t_2 は、A 1 組成比 X_2 と A 1 組成比 X_1 との差を 1 から減じた値の逆数 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ に比例しており、その比例式は $t_2 = 0.252 / (1 - (X_2 - X_1))$ である。即ち、水平広がり角度の低下が少なく、一定以上の水平広がり角度（本実施例では 5° 以上）を確保するためには、離間距離 $t \leq 0.252 / (1 - (X_2 - X_1))$ の関係を満足する必要がある。尚、リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 、 110° である場合においても、同様の結果が得られた。

【 0 0 7 7 】

尚、上述の実施例では、p型第1クラッド層10とp型第2クラッド層12とは、A1組成比が等しいが、両者のA1組成比は異なっても良い。この場合は、リッジ部200を構成する第2クラッド層12のA1組成比がX1となる。

【 0 0 7 8 】

また、上述の実施例ではn型半導体基板1の上面としては、(100)面からその面における<0-11>方向に4°傾斜している微傾斜基板を用いたが、傾斜角度が0°以上、13°以下である場合、上述の実施例と同様の結果が得られた。

【 0 0 7 9 】

また、n型半導体基板1の上面の面方位としては、(100)面を包含する{100}又は{100}面から数度傾斜していればよく、この場合、ストライプ状のリッジ部200は<011>方向に延在していればよく、そのようなリッジ部を形成するためには<011>方向に延在しているストライプ状のマスクを形成すればよい。また、n型半導体基板1の上面の面方位としては、{-100}又は{-100}面から数度傾斜していてもよく、この場合、ストライプ状のリッジ部200は<0-11>方向に延在していればよく、そのようなリッジ部を形成するためには<0-11>方向に延在しているストライプ状のマスクを形成すればよい。

【 0 0 8 0 】

尚、上述の実施例では、III族元素としてAlとGaとを含有する場合について説明したが、In等の他のIII族元素を含有する場合においても、本発明は適用可能である。また、V族元素としても、As以外に、P、N等を含有した場合についても本発明は適用可能である。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】

本発明によれば、レーザビームの高出力化を図った際においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を提供し得る。



【 0 0 8 2 】

また、本発明によれば、レーザビームの高出力化を図った際においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を容易に製造することが出来る半導体レーザ素子の製造方法を提供し得る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の半導体レーザ素子の構成を示す図である。

【図 2】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法を示す図である。

【図 3】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法を示す図である。

【図 4】

本発明の順メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子の構成を示す図である。

【図 5】

本発明の逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子の構成を示す図である。

【図 6】

レーザビームの水平広がり角度と、リッジ部の下部幅Wとの関係を示す図である。

【図 7】

レーザビームの水平広がり角度と、リッジ部の下部幅Wとの関係を示す図である。

【図 8】

レーザビームの水平広がり角度と、発光層と電流ブロック層との離間距離 t との関係を示す図である。

【図 9】

第 1 の臨界離間距離 t_1 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す

図である。

【図 1 0】

第 1 の臨界離間距離 t_1 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。

【図 1 1】

第 1 の臨界離間距離 t_1 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。

【図 1 2】

レーザビームの水平広がり角度と、リッジ部の下部幅 W との関係を示す図である。

【図 1 3】

動作電圧と、リッジ部の下部幅 W との関係を示す図である。

【図 1 4】

第 2 の臨界離間距離 t_2 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。

【図 1 5】

従来の半導体レーザの構成を示す図である。

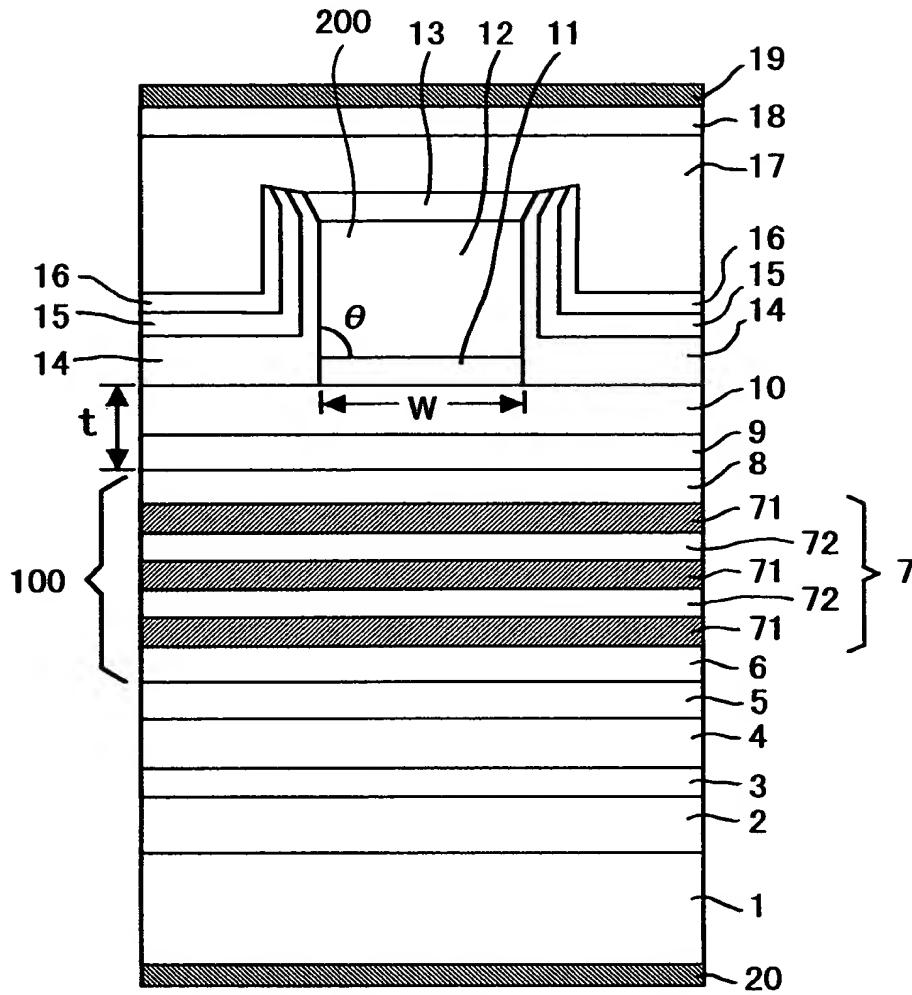
【符号の説明】

- 1 n 型半導体基板
- 1 0 p 型第 1 クラッド層 (第 2 導電型の第 1 クラッド層)
- 1 1 エッチング停止層
- 1 2 p 型第 2 クラッド層 (第 2 導電型の第 2 クラッド層)
- 1 4 第 1 電流ブロック層
- 1 0 0 発光層
- 2 0 0 リッジ部

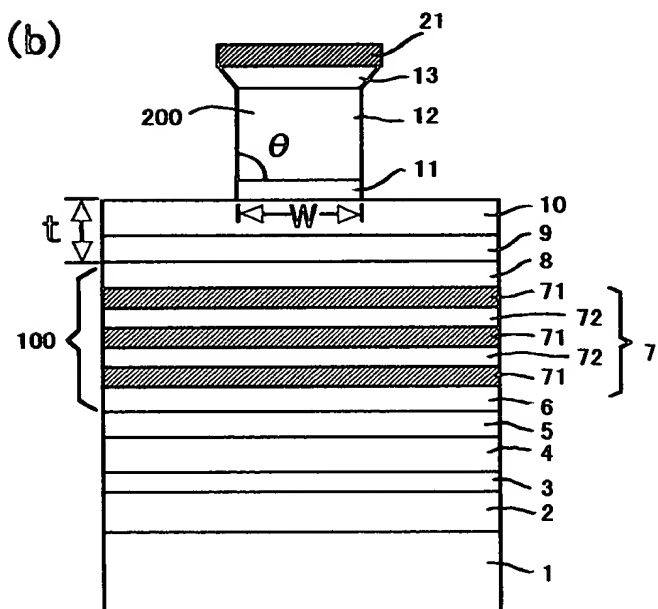
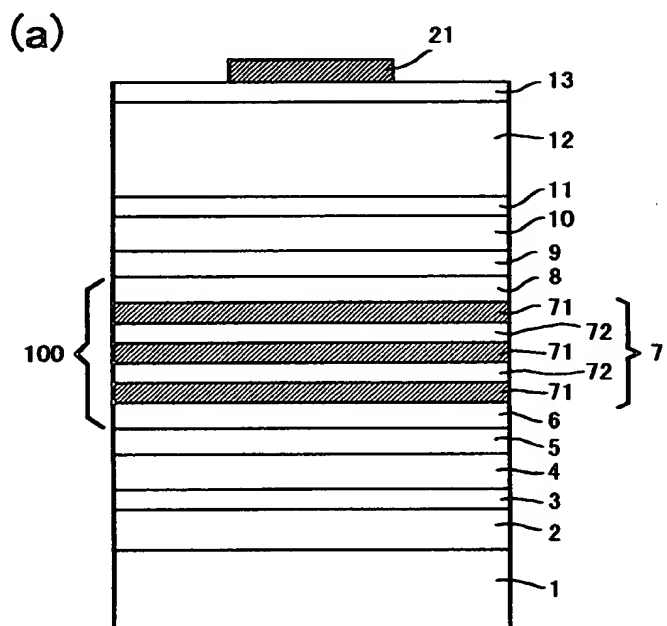
【書類名】

凶面

【図 1】

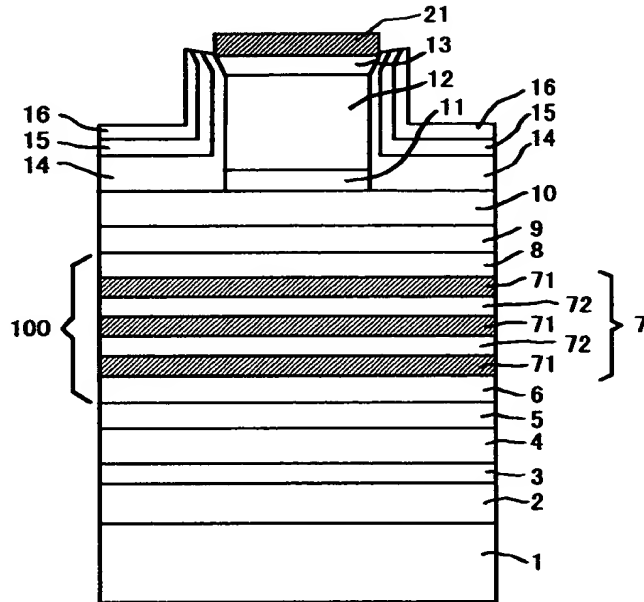


【図 2】

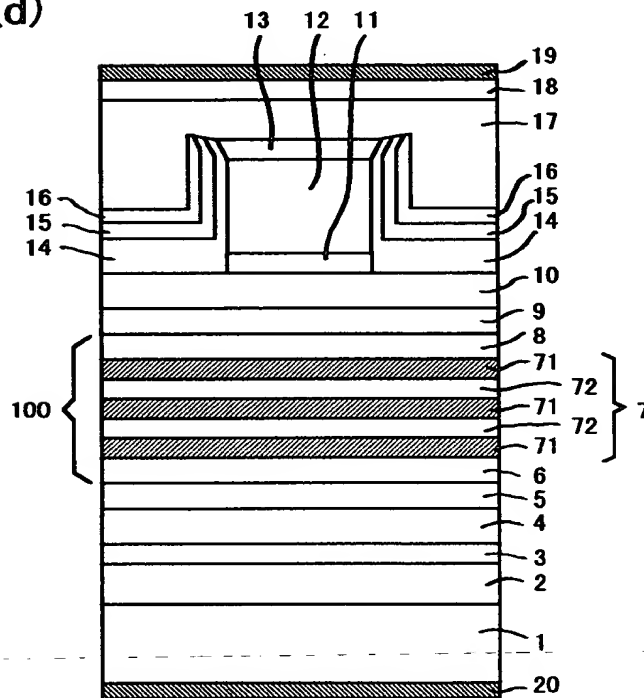


【図 3】

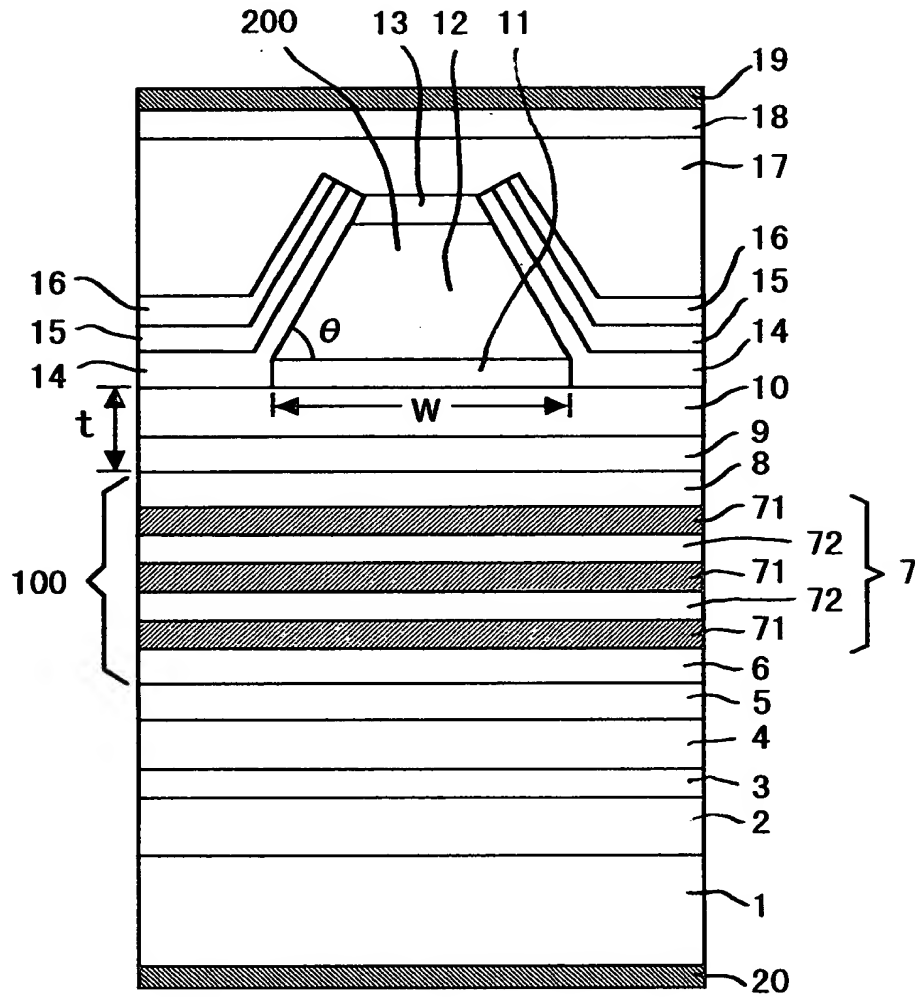
(c)



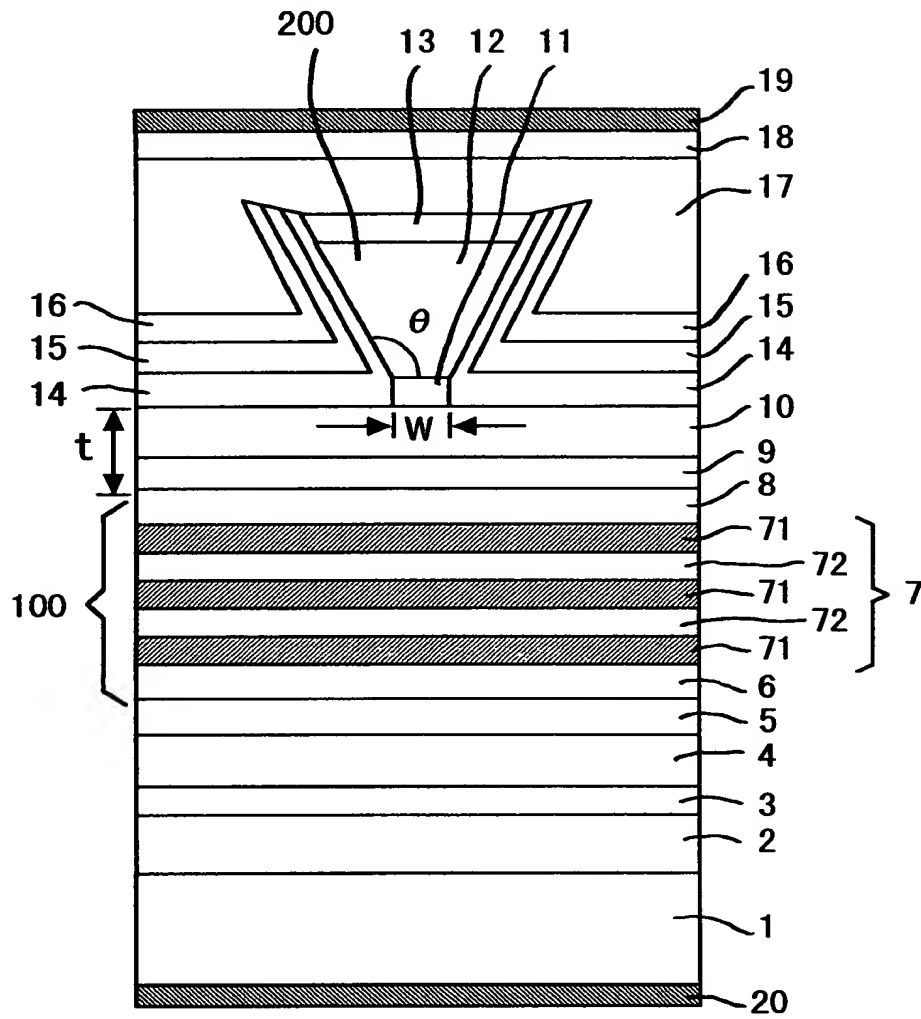
(d)



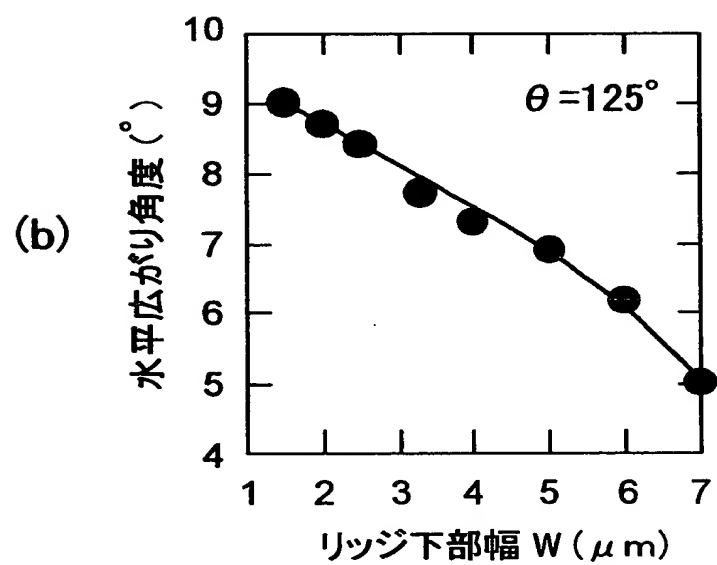
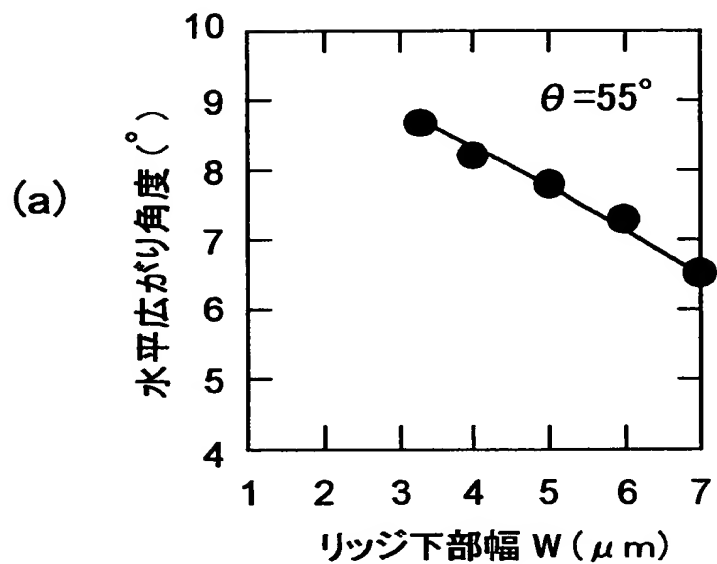
【図 4】



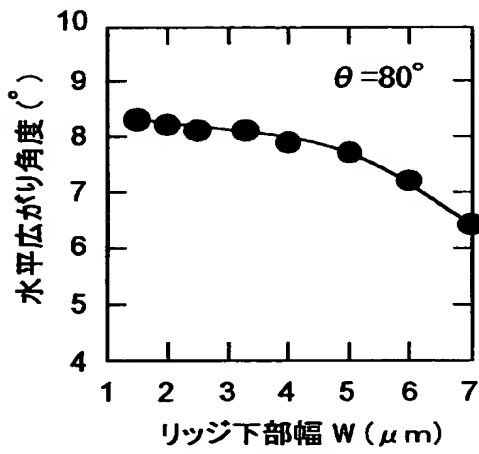
【図 5】



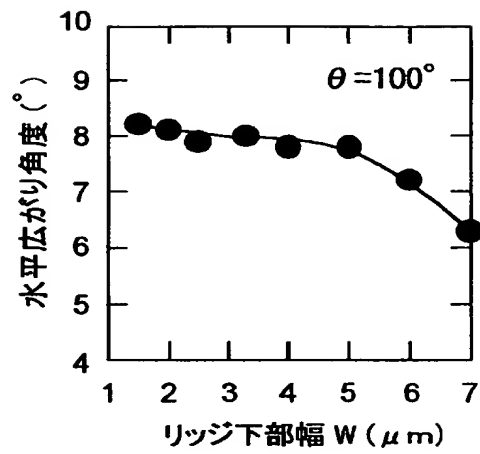
【図 6】



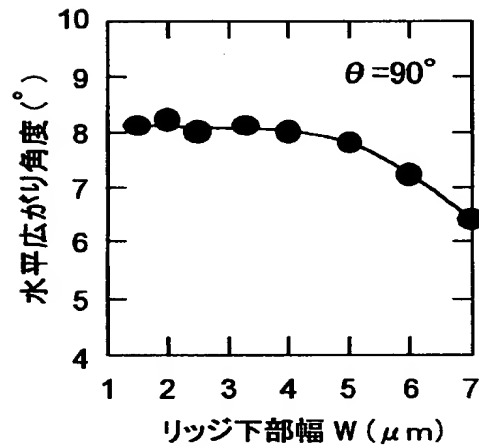
【図 7】



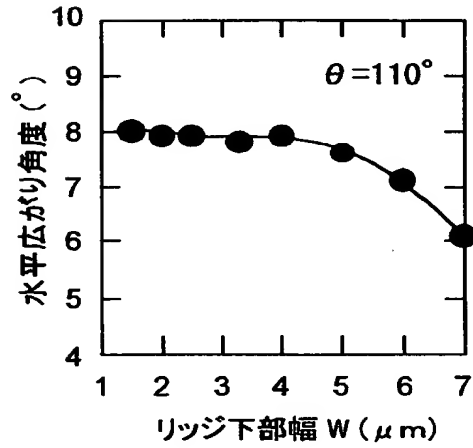
(a)



(c)

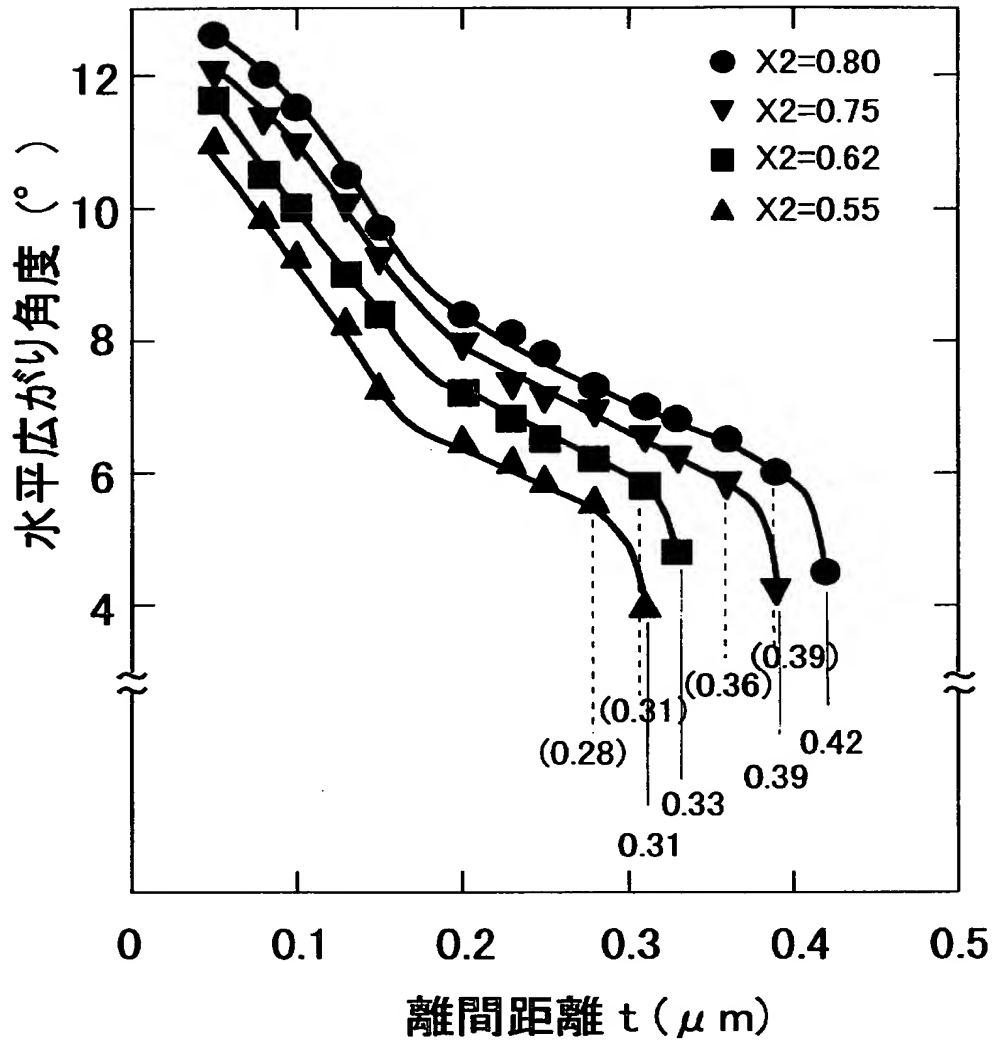


(b)

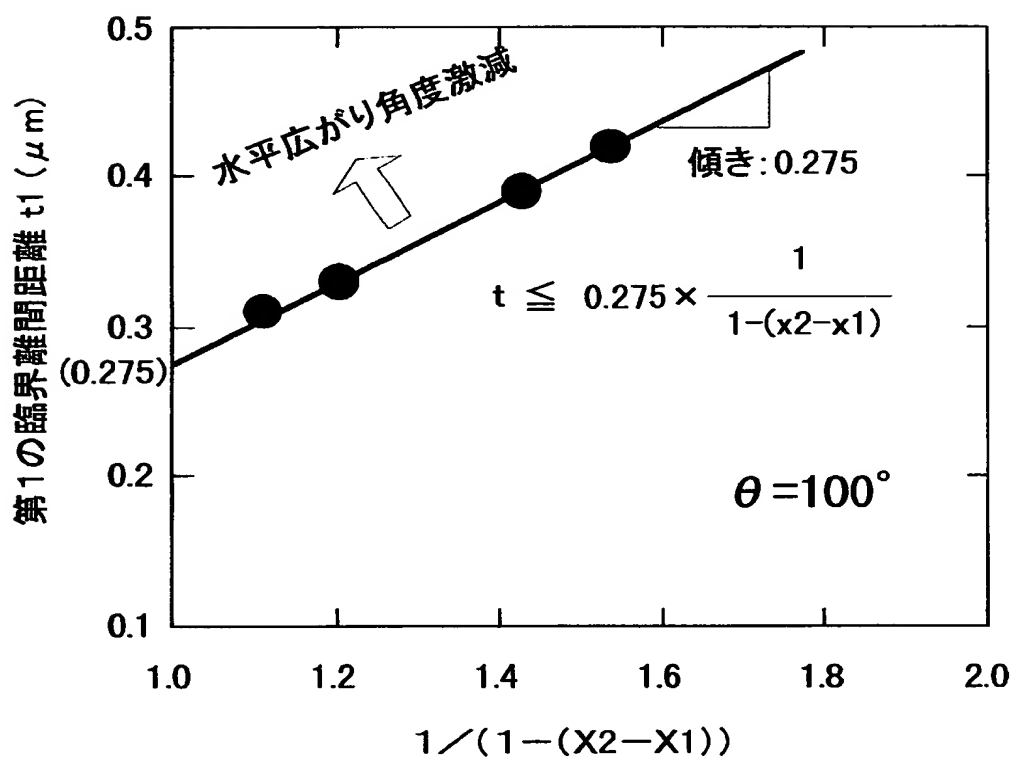


(d)

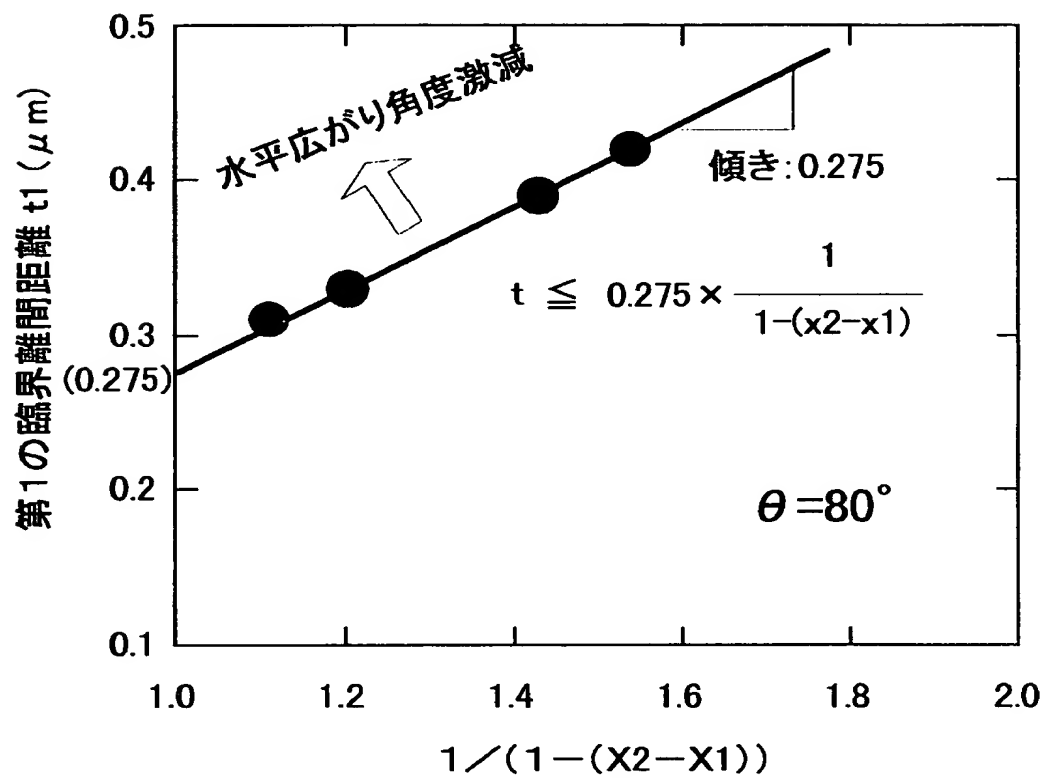
【図 8】



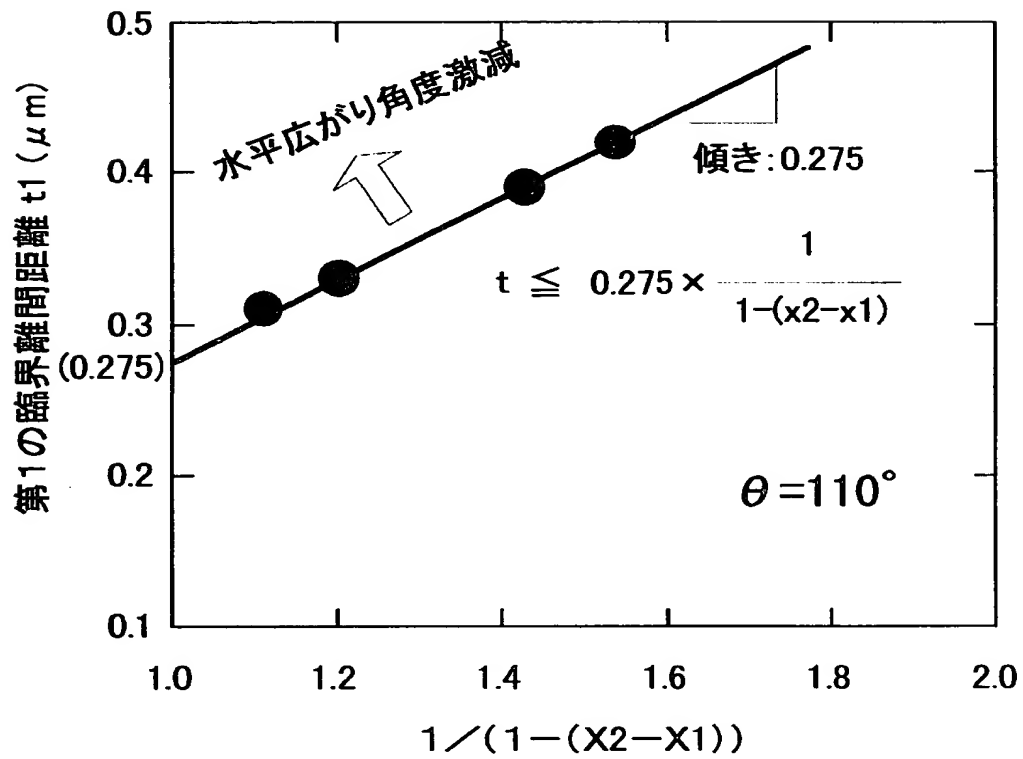
【図 9】



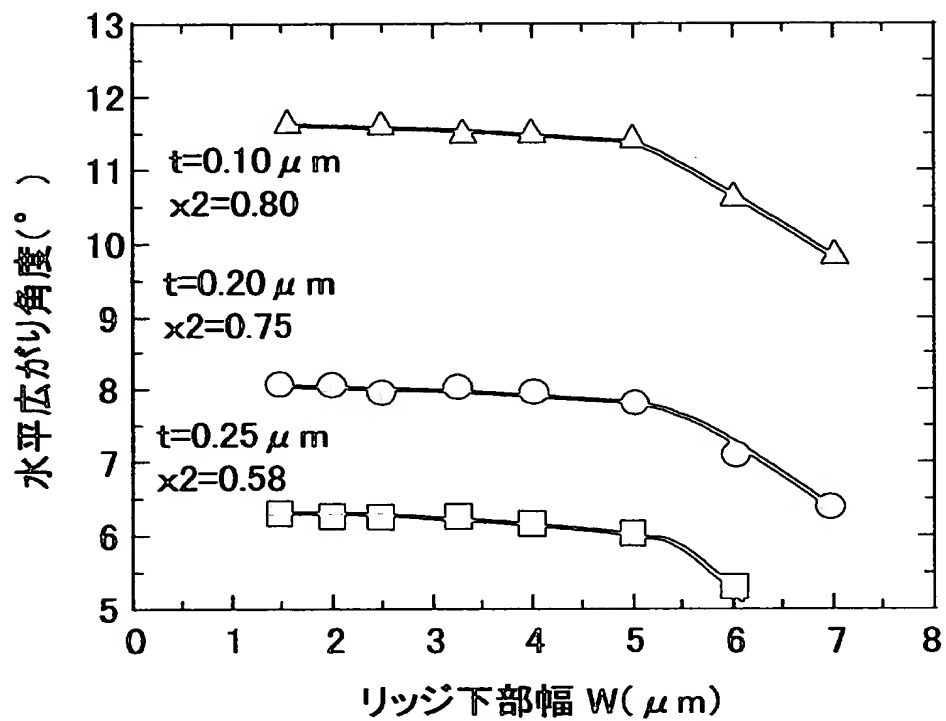
【図 10】



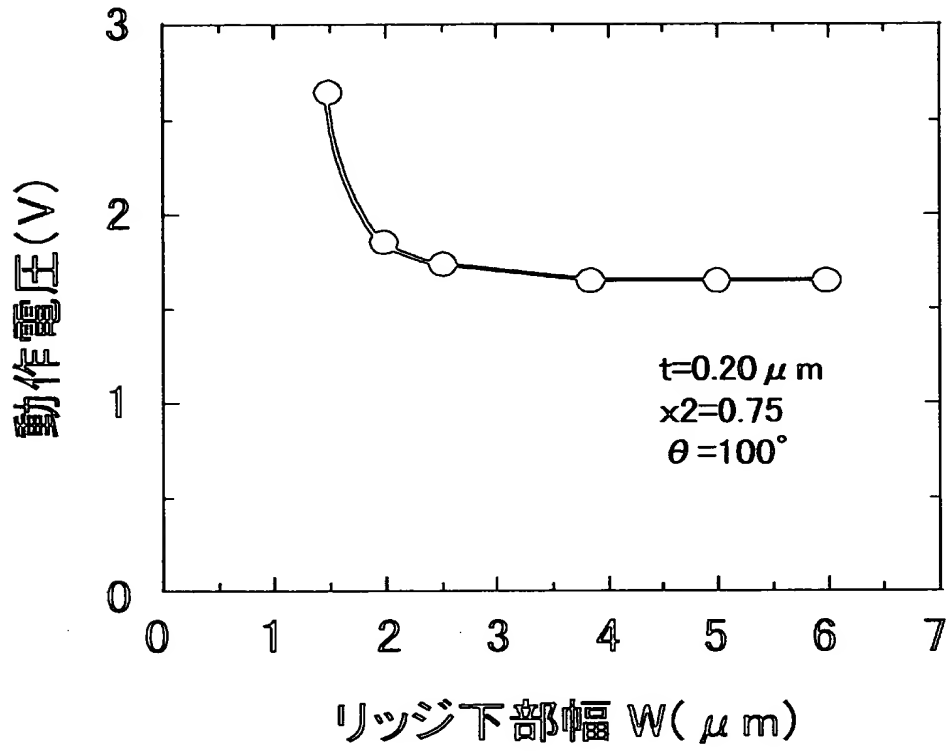
【図 1 1】



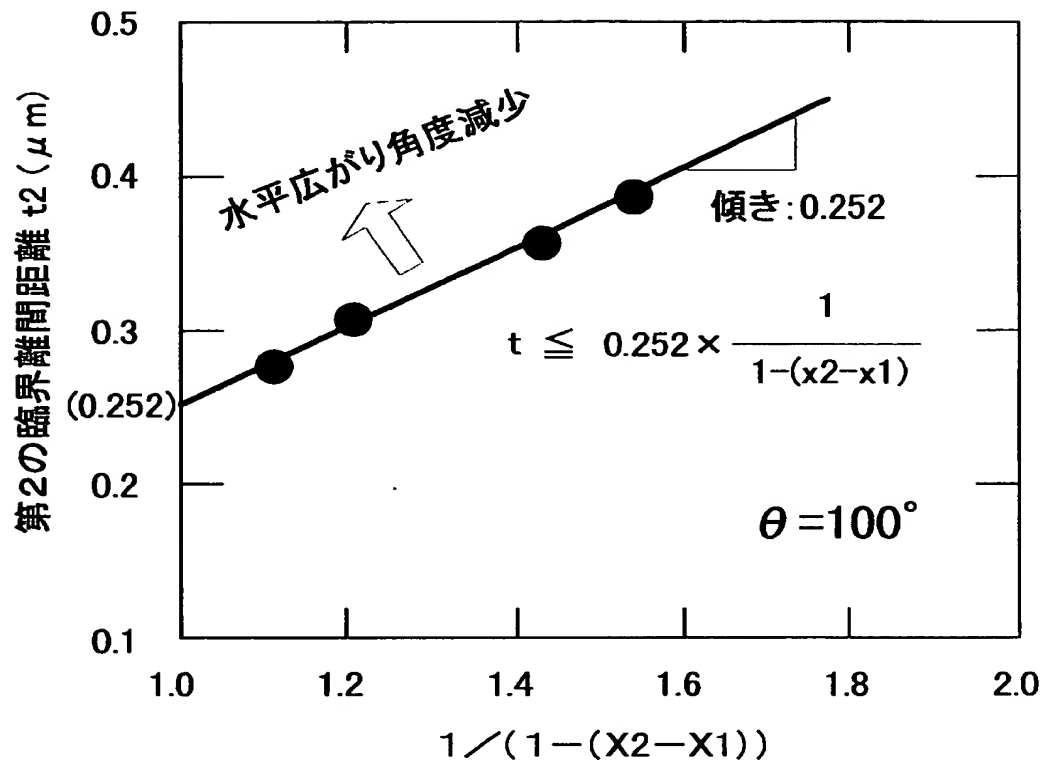
【図 1 2】



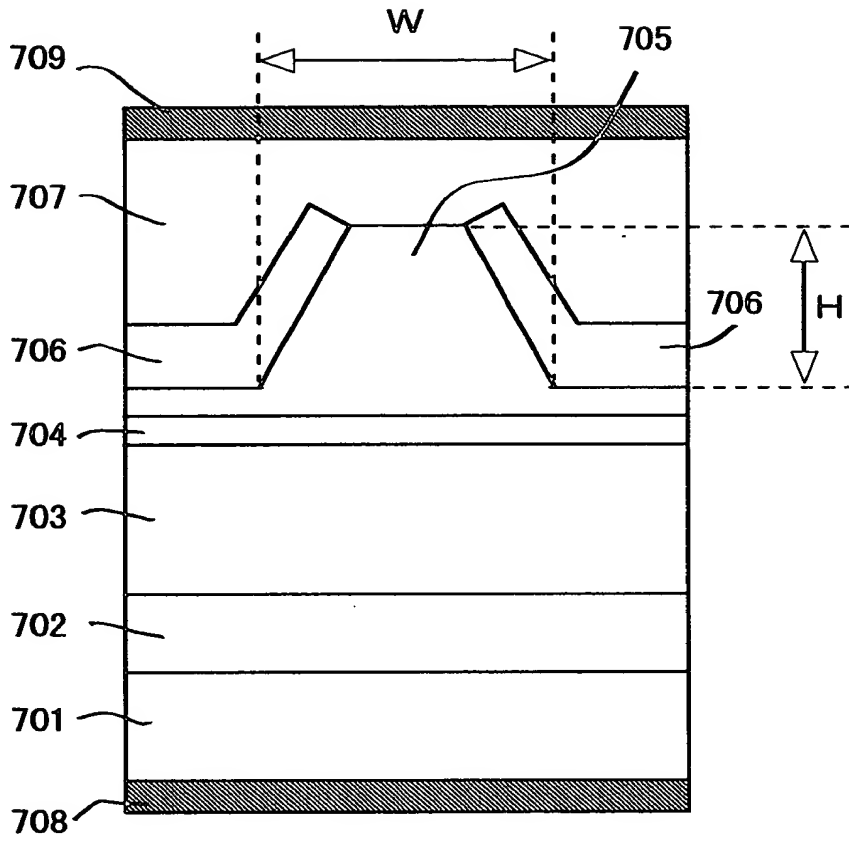
【図 13】



【図 14】



【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザビームの高出力化を図った際においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制し、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 リッジ部の側面と前記リッジ部の下部との為す傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、p型クラッド層10は $\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}$ からなり、第1電流ブロック層14は $\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}$ からなり、発光層と第1電流ブロック層14との離間距離を t とした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (x2 - x1))$ となり、リッジ部の下部幅 W が $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日	1993年10月20日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
氏 名	三洋電機株式会社